

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ГИГИЕНА

С.В. Григорьева

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩЕГО РАСТВОРА ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ НА РАЗРАБОТАННОЙ ЭЛЕКТРОХИМИ- ЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ

Витебский государственный
медицинский университет

В настоящее время одним из перспективных направлений в медицине и фармации являются электрохимические способы получения экологически чистых моющих и дезинфицирующих средств. Электролизные и электрохимически активированные растворы обладают высокой бактерицидной активностью, а также моющими свойствами, что дает возможность сочетать дезинфекцию со стиркой.

Целью данного исследования было изучение особенностей получения дезинфицирующего раствора натрия гипохлорита на разработанной электрохимической установке. В процессе исследования выполнено четыре серии опытов, в которых изучали зависимость физико-химических показателей раствора натрия гипохлорита от концентрации раствора натрия хлорида, силы тока, времени электролиза, объема исходного раствора. Для изучения физико-химических параметров раствора натрия гипохлорита использовались расчетный, потенциометрический метод и метод йодометрического титрования.

Результаты исследования показали, что оптимальными условиями получения раствора натрия гипохлорита на установке являются концентрация исходного водного раствора натрия хлорида 40 г/дм^3 , сила тока электролиза 17 А , объем раствора 20 дм^3 и время получения 5 ч , при которых образуется раствор натрия гипохлорита со слабощелочным рН, высоким окислительно-восстановительным потенциалом и концентрацией активного хлора.

Раствор натрия гипохлорита целесообразно применять для дезинфекции и отбеливания санитарно-гигиенической одежды в организациях здравоохранения.

Ключевые слова: электрохимические технологии, гипохлорит натрия, дезинфекция.

ВВЕДЕНИЕ

Основная тенденция в развитии современных отечественных технологий получения дезинфицирующих и моющих растворов состоит в поиске способов активации традиционно применяемых дезинфицирующих средств и средств для стирки. При этом разрабатываются режимы, при которых высокий бактерицидный эффект сохраняется при минимальной концентрации действующих веществ, а токсическое воздействие на человека становится минимальным. Наиболее близкими к средствам такого типа являются электролизные и электрохимически активированные растворы, которые по механизму биоцидного действия подобны газовой плазме. Продуктами их разложения являются исходные вещества, то есть вода с невысоким содержанием солей.

Электрохимическая активация (ЭХА) позволяет без применения химических реагентов направленно изменять в широких пределах кислотно-основные, окислительно-восстановительные и каталитические свойства водных растворов и использовать такие метастабильные жидкости в различных технологических процессах с целью экономии энергии, времени, материалов, затрат труда и денежных средств. Растворы, получаемые в результате ЭХА, предназначены для дезинфекции, простерилизационной очистки и стерилизации оборудования, инструмента, посуды, белья, обработки продуктов питания, подготовки питьевой воды, обеззараживания сточных вод. Основным преимуществом этих растворов перед традиционно применяемыми средствами является низкая стоимость, одновременно они не токсичны и не опасны [1].

Эти средства обладают высокой бактерицидной активностью, а также моющими свойствами, что дает возможность сочетать дезинфекцию со стиркой и применять их для стерилизации санитарно-гигиенической одежды.

Изменение физико-химических свойств и биологической активности водно-солевых растворов в результате электролиза или электрохимической обработки происходит под воздействием электрического тока, который в проводниках первого рода (металлических проводах, электродах) переносится электронами, а в проводниках второго рода (растворах электролитов) - ионами. Поступление электронов из катода в воду, также как и удаление электронов из воды в анод, сопровождается целой серией электрохимических реакций на поверхности катода и анода, в результате которых образуются новые вещества, изменяется вся система межмолекулярных взаимодействий [2].

Все стороны электролиза и электрохимической активации можно использовать на различных стадиях обработки санитарно-гигиенической одежды (замачивание, стирка, прополаскивание, отбеливание, крахмаление).

Эффективный, экологически чистый и токсикологически безопасное хлорсодержащее дезинфицирующее средство натрия гипохлорит получают путем электролиза водных растворов поваренной соли. Он обладает высоким бактерицидным, фунгицидным, вирулицидным эффектом, низкой коррозионной и деструктивной активностью по отношению к изделиям из различных материалов.

Дезинфицирующая активность натрия гипохлорита основана на том, что при растворении в воде он образует хлорноватистую кислоту, которая оказывает непосредственное окисляющее и дезинфицирующее действие.

Отличительным преимуществом предлагаемой технологии является значительное сокращение моющих и дезинфицирующих средств с повышением качества стирки, дезинфекции и стерилизации санитарно-гигиенической одежды, экологическая чистота за счет значительного сокра-

щения вредных веществ в сточных водах, улучшение условий работы обслуживающего персонала за счет снижения расхода вредных синтетических моющих средств, возможность обеззараживания белья с одновременным отбеливанием при доступной низкой стоимости средства [3].

В настоящее время имеется большое количество электрохимических установок для электролиза (непроточного типа с графитовыми электродами «ЭН-5.00.00.000-01 ПС», с бездиафрагменным реактором типа «ГПХН»). Нами разработана установка, позволяющая одновременно или раздельно по времени получать раствор натрия гипохлорита в статическом режиме и электрохимически активированные растворы анолита и католита в проточном режиме мембранного электролиза. Однако режимы и технологические особенности приготовления дезинфицирующих, моющих и стерилизующих средств на указанной установке не изучены. В связи с этим целью данного исследования было изучение особенностей получения дезинфицирующего раствора натрия гипохлорита на разработанной электрохимической установке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнено четыре серии опытов. В первой серии изучали зависимость физико-химических показателей раствора гипохлорита натрия от концентрации исходного водного раствора натрия хлорида. Для этого раствор натрия гипохлорита получали на разработанной электрохимической установке в течение 5 ч из исходного водного раствора натрия хлорида с концентрацией 20, 30, 40, 50 г/дм³ объемом 20 дм³ при силе тока 17 А. Контролем служил исходный раствор соли. Для изучения зависимости физико-химических свойств гипохлорита натрия от силы тока во второй серии опытов раствор получали на электрохимической установке из исходного водного раствора соли с концентрацией 40 г/дм³ объемом 20 дм³ при силе тока электролиза 13, 15, 17 А. Время электролиза было 5 ч. В третьей серии опытов раствор натрия гипохлорита получали из водного

раствора натрия хлорида с концентрацией 40 г/дм³, который подвергали электролизу при силе тока 17 А в течение 3 ч для объема исходного раствора 10 дм³, 7 ч для объема 20 дм³, 8 ч для объема 30 дм³ и изучали зависимость его физико-химических параметров от времени электролиза. В четвертой серии опытов водный раствор натрия хлорида с концентрацией 40 г/дм³ подвергали электролизу при силе тока 17 А в течение 3 ч. Объем исходного раствора брали 10 дм³, 20 дм³, 30 дм³. У полученного раствора натрия гипохлорита изучали зависимость физико-химических параметров от объема раствора.

В полученном растворе натрия гипохлорита во всех сериях опытов определяли водородный показатель (рН, ед.) и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП (х.с.э.), мВ) потенциометрическим методом на иономере И-160МП [4]; концентрацию активного хлора (С_{ах}, мг/дм³) методом йодометрического титрования [5], концентрацию хлорида натрия (С_{NaCl}, мг/дм³) расчетным способом.

Результаты обрабатывали статистически на персональном компьютере IBM Intel Pentium с помощью пакета программ

«Microsoft Excel» и Biostat, достоверность сдвигов учитывали при $p < 0,05$. Минимальное количество наблюдений для достоверности результатов было не менее 6.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты, полученные в первой серии опытов, показали, что рН исходного водного раствора натрия хлорида с концентрацией 20 г/дм³ был равен $7,86 \pm 0,05$ ед., величина ОВП (х.с.э.) составила $+ 914,2 \pm 0,1$ мВ, рН исходного раствора поваренной соли с концентрацией 30 г/дм³ равнялся $7,88 \pm 0,005$ ед., ОВП (х.с.э.) - $+ 909,7 \pm 0,2$, рН раствора натрия хлорида с концентрацией 40 г/дм³ соответствовал значению $7,94 \pm 0,02$ ед., ОВП (х.с.э.) - $+ 906,2 \pm 0,1$, рН исходного водно-солевого раствора с концентрацией 50 г/дм³ был $7,98 \pm 0,005$ ед., ОВП (х.с.э.) - $+ 904,3 \pm 0,2$, активный хлор в растворах отсутствовал.

В процессе электролиза водного раствора натрия хлорида с различной концентрацией были получены растворы натрия гипохлорита, физико-химические свойства которых отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические свойства растворов натрия гипохлорита в зависимости от концентрации исходного водно-солевого раствора

Концентрация раствора хлорида натрия, мг/дм ³	Физико-химические показатели		
	рН, ед.	ОВП (х.с.э.), мВ	С _{ах} , мг/дм ³
20	$9,64 \pm 0,008$ ($p_1 < 0,001$)	$+ 393,3 \pm 0,2$ ($p_1 < 0,001$)	$3707,2 \pm 1,2$ ($p_1 < 0,001$)
30	$9,34 \pm 0,009$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$)	$+ 608,1 \pm 0,15$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,01$)	$5571,7 \pm 1,3$ ($p_1 < 0,01$) ($p_2 < 0,001$)
40	$9,11 \pm 0,008$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$)	$+ 818,4 \pm 0,1$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,01$) ($p_3 < 0,05$)	$7412,0 \pm 2,3$ ($p_1 < 0,01$) ($p_2 < 0,01$) ($p_3 < 0,05$)
50	$9,18 \pm 0,007$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,01$)	$+ 684,3 \pm 0,1$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,01$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,05$)	$6600,0 \pm 1,3$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,01$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,05$)

Примечание: p_1 – достоверность разницы по сравнению с исходным раствором натрия хлорида, p_2 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при концентрации исходного раствора 20 г/дм³, p_3 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при концентрации исходного раствора 30 г/дм³, p_4 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при концентрации исходного раствора 40 г/дм³.

Увеличение концентрации исходного водно-солевого раствора до 40 г/дм³ в процессе получения раствора натрия гипохлорита достоверно сместило рН в кислую сторону на 0,53 ед. (зависимость вида $y = -0,265x + 9,8933$, $R^2 = 0,9942$), привело к повышению ОВП (х.с.э.) в 2,08 раза (зависимость вида $y = 280,4x + 0,5667$, $R^2 = 0,9796$), C_{ax} возросла в 2 раза (зависимость вида $y = 1852,4x + 1858,8$, $R^2 = 1$).

При электролизе водного раствора натрия хлорида между концентрацией исходного раствора и рН полученного дезинфицирующего средства выявлена сильная обратная (соответственно $r_{xy} = -0,99$, $r_{xy} = -0,99$), а между концентрацией и ОВП, C_{ax} - сильная прямая корреляционная

зависимость (соответственно $r_{xy} = 0,98$, $r_{xy} = 0,99$). Дальнейшее повышение концентрации поваренной соли в исходном растворе приводит к повышению рН, снижению ОВП и C_{ax} раствора натрия гипохлорита.

Во второй серии опытов результаты исследования показали, что рН исходного водного раствора натрия хлорида был равен $7,36 \pm 0,01$ ед., величина ОВП (х.с.э.) равнялась $+916,2 \pm 0,3$ мВ, активного хлора в растворе не содержалось.

В результате электролиза водного раствора натрия хлорида различной силой тока получены растворы натрия гипохлорита, физико-химические параметры которых приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Физико-химические показатели растворов натрия гипохлорита в зависимости от силы тока электролиза

Сила тока, А	Физико-химические показатели			
	рН, ед.	ОВП (х.с.э.), мВ	C_{ax} , мг/дм ³	C_{NaCl} , мг/дм ³
13	$9,26 \pm 0,01$	$+654,3 \pm 0,3$	$6014,3 \pm 1,4$	$29174,2 \pm 2,8$
15	$9,2 \pm 0,01$ ($p_1 < 0,001$)	$+714,4 \pm 0,18$ ($p_1 < 0,01$)	$6705,7 \pm 2,7$ ($p_1 < 0,01$)	$27931,5 \pm 4,8$ ($p_1 < 0,05$)
17	$9,1 \pm 0,008$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$)	$+818,4 \pm 0,1$ ($p_1 < 0,01$) ($p_2 < 0,05$)	$7412,0 \pm 2,3$ ($p_1 < 0,01$) ($p_2 < 0,05$)	$26661,8 \pm 2,9$ ($p_1 < 0,01$) ($p_2 < 0,05$)

Примечание: p_1 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при силе тока 13 А, p_2 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при силе тока 15 А.

Повышение силы тока электролиза при получении дезинфицирующего средства с 13 до 17 А обусловило достоверное смещение рН раствора натрия гипохлорита в кислую сторону на 0,16 ед. (зависимость вида $y = -0,075x + 9,34$, $R^2 = 0,9868$), увеличило ОВП (х.с.э.) в 1,25 раз (зависимость вида $y = 82,05x + 564,93$, $R^2 = 0,9767$), C_{ax} повысилась в 1,23 раза (зависимость вида $y = 698,85x + 5313,0$, $R^2 = 0,99$). Остаточная концентрация натрия хлорида снизилась в 1,09 раза (зависимость вида $y = -1256,2x + 30435$, $R^2 = 1$).

Между силой тока при электролизе водного раствора натрия хлорида и рН раствора натрия гипохлорита, остаточной концентрацией поваренной соли в продукте была выявлена сильная обратная корреляционная зависимость (соответственно $r_{xy} = -0,99$, $r_{xy} = -0,99$), а между временем электролиза и ОВП, C_{ax} - сильная прямая

зависимость (соответственно $r_{xy} = 0,98$, $r_{xy} = 0,99$). В третьей серии опытов исходный водный раствор натрия хлорида имел рН $7,39 \pm 0,08$ ед., ОВП (х.с.э.) $+928,9 \pm 3,3$ мВ, C_{ax} 0 мг/дм³. Физико-химические свойства дезинфицирующего средства, полученного путем 3-часового электролиза 10 дм³ раствора натрия хлорида, представлены в таблице 3.

Увеличение времени обработки исходного раствора до 2,5 ч привело к достоверному снижению рН полученного дезинфицирующего средства на 0,75 ед. (зависимость вида $y = -0,171x + 9,891$, $R^2 = 0,8907$), повышению ОВП (х.с.э.) в 2,12 (зависимость вида $y = 94,42x + 253,84$, $R^2 = 0,9999$), C_{ax} увеличился в 1,73 раза (зависимость вида $y = 694,5x + 3123,5$, $R^2 = 0,9998$), концентрация натрия хлорида в продукте снизилась в 1,18 раза (зависимость вида $y = -1250,5x + 34379$, $R^2 =$

0,9998). Количество прореагировавшего натрия хлорида составило 11838,7 мг/дм³. Дальнейшее повышение времени электролиза привело к увеличению концентрации натрия хлорида в продукте, что говорит о разложении получаемого раствора натрия гипохлорита.

Между временем электролиза водного раствора натрия хлорида и pH полу-

ченного средства, концентрацией соли в продукте выявлена сильная обратная корреляционная зависимость (соответственно $r_{xy} = -0,94$, $r_{xy} = -0,99$), а между временем электролиза и ОВП, C_{ax} – сильная прямая зависимость (соответственно $r_{xy} = 0,99$, $r_{xy} = 0,99$).

Таблица 3 - Физико-химические показатели раствора натрия гипохлорита в зависимости от продолжительности электролиза водного раствора натрия хлорида объемом 10 дм³

Время электролиза, час	Физико-химические параметры			
	pH, ед.	ОВП (х.с.э.), мВ	C_{ax} , мг/дм ³	C_{NaCl} , мг/дм ³
0,5	$9,67 \pm 0,004$	$+ 341,7 \pm 0,1$	$3806,7 \pm 2,2$	$33148,0 \pm 4,0$
1	$9,52 \pm 0,01$ ($p_1 < 0,001$)	$+ 442,6 \pm 0,03$ ($p_1 < 0,001$)	$4518,3 \pm 1,4$ ($p_1 < 0,001$)	$31870,5 \pm 5,3$ ($p_1 < 0,001$)
1,5	$9,47 \pm 0,01$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$)	$+ 539,2 \pm 0,06$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,01$)	$5210,3 \pm 2,1$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,01$)	$30621,3 \pm 3,9$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,01$)
2	$9,31 \pm 0,01$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,001$)	$+ 632,2 \pm 0,08$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,01$) ($p_3 < 0,01$)	$5922,7 \pm 1,4$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$)	$29339,3 \pm 2,4$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$)
2,5	$8,92 \pm 0,05$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,001$) ($p_4 < 0,01$)	$+ 724,4 \pm 0,13$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,01$)	$6577,0 \pm 2,3$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,01$)	$28161,3 \pm 4,0$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,05$)
3	$9,04 \pm 0,03$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,001$) ($p_4 < 0,01$) ($p_5 < 0,01$)	$+ 657,7 \pm 0,4$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,001$) ($p_4 < 0,01$) ($p_5 < 0,01$)	$6103,0 \pm 2,7$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,001$) ($p_4 < 0,01$) ($p_5 < 0,05$)	$29014,5 \pm 5,0$ ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,01$) ($p_5 < 0,05$)

Примечание: p_1 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 0,5 ч, p_2 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 1 ч, p_3 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 1,5 ч, p_4 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 2 ч, p_5 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 2,5 ч.

Физико-химические параметры раствора натрия гипохлорита, полученного при обработке 20 дм³ исходного раствора поваренной соли в течение 7 ч, отражены в таблице 4. При повышении времени электролиза исходного водно-солевого раствора до 5 ч pH дезинфицирующего средства достоверно снизился на 0,45 ед. (зависимость вида $y = -0,127x + 9,723$, $R^2 = 0,9818$), ОВП (х.с.э.) увеличился в 2,07

раза (зависимость вида $y = 106,54x + 293,1$, $R^2 = 0,9976$), C_{ax} повысилась в 1,79 раза (зависимость вида $y = 811,24x + 3307,3$, $R^2 = 0,9986$). Электролиз исходного раствора объемом 20 дм³ в течение 5 ч уменьшил содержание натрия хлорида в продукте в 1,22 раза (зависимость вида $y = -1459,5x + 34045$, $R^2 = 0,9986$). Количество прореагировавшего натрия хлорида составило 13338,2 мг/дм³.

Повышение времени обработки более 5 ч привело к увеличению концентрации натрия хлорида в продукте электролиза, из чего следует, что процесс электролиза прекращается.

Между временем электролиза исходного раствора и рН раствора натрия ги-

похлорита, остаточной концентрацией натрия хлорида наблюдалась сильная обратная корреляционная зависимость ($r_{xy} = -0,99$, $r_{xy} = -0,99$, соответственно), а между временем электролиза и ОВП, C_{ax} - сильная прямая зависимость (соответственно $r_{xy} = 0,99$, $r_{xy} = 0,99$).

Таблица 4 - Физико-химические показатели раствора натрия гипохлорита в зависимости от продолжительности электролиза водного раствора натрия хлорида объемом 20 дм³

Время электролиза, ч	Физико-химические параметры			
	рН, ед.	ОВП (х.с.э.), мВ	C_{ax} , мг/дм ³	C_{NaCl} , мг/дм ³
1	9,63 ± 0,007	+ 395,1 ± 0,04	4129,3 ± 1,0	32567,0 ± 2,0
2	9,44 ± 0,007 ($p_1 < 0,001$)	+ 502,5 ± 0,07 ($p_1 < 0,001$)	4970,2 ± 1,2 ($p_1 < 0,001$)	31053,7 ± 2,3 ($p_1 < 0,001$)
3	9,32 ± 0,005 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$)	+ 626,3 ± 0,07 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$)	5676,3 ± 1,8 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$)	29782,7 ± 3,1 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$)
4	9,21 ± 0,01 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,001$)	+ 721,3 ± 0,1 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$)	6517,2 ± 2,2 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$)	28269 ± 4,0 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,01$) ($p_3 < 0,05$)
5	9,11 ± 0,01 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,01$) ($p_3 < 0,001$) ($p_4 < 0,01$)	+ 818,4 ± 0,1 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,01$)	7412,0 ± 2,3 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,05$)	26661,8 ± 2,9 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,01$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,05$)
6	9,18 ± 0,007 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,001$) ($p_4 < 0,01$) ($p_5 < 0,001$)	+ 720,3 ± 0,2 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,01$) ($p_5 < 0,01$)	6743,8 ± 2,2 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,05$) ($p_5 < 0,01$)	27861,2 ± 3,8 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,05$) ($p_5 < 0,05$)
7	9,24 ± 0,004 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,01$) ($p_5 < 0,01$) ($p_6 < 0,01$)	+ 679,5 ± 0,07 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,01$) ($p_5 < 0,05$) ($p_6 < 0,05$)	6158,8 ± 1,2 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,01$) ($p_5 < 0,01$) ($p_6 < 0,01$)	28914,7 ± 2,0 ($p_1 < 0,001$) ($p_2 < 0,001$) ($p_3 < 0,01$) ($p_4 < 0,05$) ($p_5 < 0,01$) ($p_6 < 0,05$)

Примечание: p_1 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 1 ч, p_2 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 2 ч, p_3 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 3 ч, p_4 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 4 ч, p_5 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 5 ч, p_6 – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 6 ч.

Физико-химические свойства раствора натрия гипохлорита, подвергнутого электролизу в течение 8 ч, приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Физико-химические показатели раствора натрия гипохлорита в зависимости от продолжительности электролиза водного раствора натрия хлорида объемом 30 дм³

Время электролиза, ч	Физико-химические параметры			
	pH, ед.	ОВП (х.с.э.), мВ	C _{ак} , мг/дм ³	C _{NaCl} , мг/дм ³
1	9,72 ± 0,007	+ 257,6 ± 0,17	2990,3 ± 1,1	34617,3 ± 2,2
2	9,66 ± 0,007 (p ₁ <0,001)	+ 347,3 ± 0,12 (p ₁ <0,001)	3682,7 ± 1,3 (p ₁ <0,001)	33371,2 ± 2,2 (p ₁ <0,001)
3	9,60 ± 0,01 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001)	+ 393,4 ± 0,15 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001)	4398,2 ± 1,2 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,01)	32083,3 ± 2,0 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001)
4	9,45 ± 0,01 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,01)	+ 419,9 ± 0,34 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,001)	5113,7 ± 1,6 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,001)	30795,5 ± 2,7 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,01)
5	9,36 ± 0,005 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,001) (p ₄ <0,001)	+ 603,5 ± 0,05 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,01) (p ₃ <0,01) (p ₄ <0,01)	5822,3 ± 2,4 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,001) (p ₄ <0,01)	29519,7 ± 4,4 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,01) (p ₃ <0,05) (p ₄ <0,01)
6	9,26 ± 0,007 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,01) (p ₄ <0,05) (p ₅ <0,01)	+ 729,9 ± 0,05 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,01) (p ₄ <0,01) (p ₅ <0,01)	6532,2 ± 0,8 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,01) (p ₄ <0,001) (p ₅ <0,01)	28242,2 ± 1,2 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,01) (p ₄ <0,01) (p ₅ <0,05)
7	9,17 ± 0,01 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,001) (p ₄ <0,01) (p ₅ <0,001) (p ₆ <0,001)	+ 798,9 ± 0,06 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,01) (p ₄ <0,001) (p ₅ <0,05) (p ₆ <0,01)	7199,7 ± 1,6 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,001) (p ₄ <0,01) (p ₅ <0,01) (p ₆ <0,05)	27040,7 ± 3,1 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,01) (p ₄ <0,001) (p ₅ <0,05) (p ₆ <0,05)
8	9,22 ± 0,007 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,01) (p ₄ <0,001) (p ₅ <0,05) (p ₆ <0,01) (p ₇ <0,01)	+ 753,3 ± 0,16 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,01) (p ₄ <0,001) (p ₅ <0,01) (p ₆ <0,01) (p ₇ <0,05)	6595,0 ± 1,3 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,01) (p ₄ <0,01) (p ₅ <0,05) (p ₆ <0,01) (p ₇ <0,05)	28129,0 ± 2,7 (p ₁ <0,001) (p ₂ <0,001) (p ₃ <0,001) (p ₄ <0,001) (p ₅ <0,01) (p ₆ <0,01) (p ₇ <0,05)

Примечание: p₁ – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 1 ч, p₂ – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 2 ч, p₃ – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 3 ч, p₄ – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 4 ч, p₅ – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 5 ч, p₆ – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 6 ч, p₇ – достоверность разницы по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным при электролизе в течение 6 ч.

Повышение времени электролиза водно-солевого раствора натрия хлорида до 7 ч снизило pH полученного продукта на 0,75 ед. (зависимость вида y = - 0,1025x

+ 9,8614, R² = 0,9829), увеличило ОВП (х.с.э.) в 3,1 раза (зависимость вида y = 92,829x + 135,9, R² = 0,956), C_{ак} возросла в 2,41 раза (зависимость вида y = 705,4x +

2284,0, $R^2 = 0,9999$). Количество прореагировавшего натрия хлорида соответствовало значению 12959,3 мг/дм³. Между временем обработки раствора натрия хлорида и остаточным содержанием поваренной соли, pH полученного в процессе электролиза дезинфицирующего средства была сильная обратная ($r_{xy} = -0,99$), а между временем обработки и ОВП, C_{ax} - сильная прямая корреляционная зависимость (соответственно $r_{xy} = 0,97$, $r_{xy} = 0,99$).

При электролизной обработке водного раствора натрия хлорида объемом 30 дм³ в течение 7 ч содержание натрия хлорида в продукте достоверно уменьшилось в 1,28 раза (зависимость вида $y = -1269,7x + 35889$, $R^2 = 0,9999$). Между временем обработки исходного раствора и остаточной концентрацией натрия хлорида выявлена сильная обратная корреляционная зависимость ($r_{xy} = -0,99$).

После 7 ч электролиза раствора поваренной соли возросла концентрация натрия хлорида в образующемся продукте, что свидетельствует о наличии процесса, обратного электролизу, то есть разложении получаемого раствора натрия гипохлорита.

В четвертой серии опытов раствор гипохлорита натрия, полученный в результате трехчасового электролиза 10 дм³ исходного раствора натрия хлорида, имел pH $9,04 \pm 0,03$ ед., ОВП (х.с.э.) $+ 657,7 \pm 0,4$ мВ, C_{ax} $6103,0 \pm 2,7$ и C_{NaCl} $29014,5 \pm 5,0$ мг/дм³. В результате электролиза в течение 3 ч 20 дм³ раствора натрия хлорида был получен раствор натрия гипохлорита, pH которого соответствовал значению $9,32 \pm 0,005$ ед., ОВП (х.с.э.) был равен $+ 626,3 \pm 0,07$ мВ, C_{ax} равнялась $5676,3 \pm 1,8$, а C_{NaCl} $- 29782,7 \pm 3,1$ мг/дм³. Трехчасовой электролиз 30 дм³ водного раствора натрия хлорида привел к получению раствора натрия гипохлорита с pH $9,6 \pm 0,01$ ед., ОВП (х.с.э.) $+ 393,4 \pm 0,15$ мВ, C_{ax} $4398,2 \pm 1,2$ и C_{NaCl} $32083,3 \pm 2,0$ мг/дм³.

Увеличение объема исходного раствора натрия хлорида до 30 дм³ привело к получению раствора натрия гипохлорита с достоверно повышенным pH на 0,56 ед. ($p < 0,001$), сниженным в 1,7 раза ОВП ($p < 0,05$), пониженной в 1,4 раза C_{ax}

($p < 0,001$) и увеличенной в 1,1 раза C_{NaCl} ($p < 0,01$) по сравнению с раствором натрия гипохлорита, полученным путем электролиза 10 дм³ раствора натрия хлорида.

При повышении объема раствора натрия хлорида от 10 до 30 дм³ произошло смещение pH продукта электролиза в щелочную сторону с 9,04 до 9,6 ед. (зависимость вида $y = 0,26x + 8,76$, $R^2 = 1,0$), привело к уменьшению ОВП с $+ 657,7$ до $+ 393,4$ мВ (зависимость вида $y = -132,15x + 823,43$, $R^2 = 0,8377$), понижению C_{ax} с 6103,0 до 4398,2 мг/дм³ (зависимость вида $y = -852,5x + 7097,0$, $R^2 = 0,9233$), повышению C_{NaCl} с 29014,5 до 32083,3 мг/дм³ (зависимость вида $y = 1534,0x + 27226,0$, $R^2 = 0,9233$).

Между объемом исходного раствора натрия хлорида и pH раствора натрия гипохлорита, остаточной концентрацией натрия хлорида наблюдалась сильная прямая корреляционная зависимость ($r_{xy} = 1,0$, $r_{xy} = 0,96$, соответственно), а между объемом исходного раствора и ОВП, C_{ax} - сильная обратная зависимость ($r_{xy} = -0,92$, $r_{xy} = -0,96$, соответственно).

Таким образом, на разработанной электрохимической установке при электролизе 20 дм³ исходного водного раствора натрия хлорида с концентрацией 40 г/дм³ в течение 5 ч при силе тока электролиза 17 А можно получить средство с близким к нейтральному pH, высоким ОВП и концентрацией активного хлора, которое можно использовать в организациях здравоохранения в качестве дезинфицирующего средства и отбеливающего реагента.

ВЫВОДЫ

1. Для получения дезинфицирующего средства со слабощелочным pH, высоким ОВП и содержанием активного хлора оптимальной является концентрация исходного водного раствора натрия хлорида 40 г/дм³.

2. Оптимальной силой тока электролиза водного раствора натрия хлорида для получения эффективного дезинфицирующего средства является 17 А, при которой продукт имеет низкий pH, высокий ОВП и концентрацию активного хлора.

3. Время электролиза исходного раствора натрия хлорида объемом 10 дм³ – 2,5 ч, 20 дм³ – 5 ч, 30 дм³ – 7,5 ч позволяет получить дезинфицирующий раствор с оптимальными физико-химическими показателями: слабощелочным рН, высоким ОВП и содержанием активного хлора.

4. Наиболее целесообразно для получения дезинфицирующего средства использование исходного водного раствора натрия хлорида объемом 20 дм³, при электролизе которого получается дезинфицирующий раствор, имеющий слабощелочной рН, высокий ОВП и концентрацию активного хлора.

SUMMARY

S.V. Grigoreva

FEATURES OF DISINFECTANT SOLUTION OF SODIUM HYPOCHLORITE PRODUCTION ON THE DEVELOPED ELECTROCHEMICAL INSTALLATION

Electrochemical technologies are one of perspective directions in medicine and pharmacy and there is no any alternative at creation of ecologically pure processes.

The electrochemically activated solutions possess the high bactericidal activity, and also the washing properties, that gives the chance to combine the disinfection with the washing.

The aim of this research was to study the features of sodium hypochlorite reception of disinfection solution on the developed electrochemical installation. There were three series of experiences in the investigation. The dependence of the physical and chemical parameters of sodium hypochlorite from the concentration of the initial solution, the amperage and the electrolysis time have been studied. The computation, potentiometric methods and the iodimetric titration method have been used in the study of the physical and chemical parameters.

The solution of sodium hypochlorite is expedient for applying to disinfection and bleaching of sanitary-and-hygienic clothes in the public health services organizations.

The results of the research have shown, that optimum conditions of solution sodium hypochlorite production on the instal-

lation are concentration of an initial water sodium chlorite solution 40 g/dm³, current force 17 A, solution volume 20 dm³ and time of reception 5 h at which formed sodium hypochlorite has alkaline pH, high oxidation-reduction potential and concentration of active chlorine.

Keywords: electrochemical technologies, sodium hypochlorite, disinfection.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алехин, С.А. Новая технология стирки, отбеливания и обеззараживания белья с применением униполярной активации / С.А. Алехин, Ф.К. Суюндуков, Н.В. Пинаева, Л.М. Фараджаева // ЭХА в медицине и биологии. – М., 1999 – С. 31-32.
2. Леонов, Б.И. Электрохимическая активация в практической медицине / Б.И. Леонов, В.М. Бахир, В.И. Вторенко // ЭХА в медицине и биологии. – М., 1999 – С.15.
3. Леонов, Б.И. Электрохимические технологии для мира и человечества / Б.И. Леонов // Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности. – М., 1999.- С.4-5.
4. Евстратова, К.И. Практикум по физической и коллоидной химии / К.И. Евстратова – М: Высшая школа, 1990. - С.72-167.
5. Гипохлорит натрия. Технические условия: ГОСТ 11086-76.– Введ. 01.07.77. – Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР, 1977. – 9 с.

Адрес для корреспонденции:

210023, Республика Беларусь,
г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,
Витебский государственный
медицинский университет,
кафедра общей гигиены и экологии,
тел. раб.: 8 (0212) 37-08-28,

Григорьева С.В.

Поступила 08.09.2009 г.
